

台灣西海岸海堤災害與資料庫系統之初步建立

林 呈¹ 蔡清標² 徐享崑³ 何宗浚⁴ 李宗霖⁵ 謝世圳⁶

土木工程學系副教授¹ 土木工程學系教授² 水資源局局長³ 研究生⁴ 博士後研究⁵ 研究助理⁶

國立中興大學^{1,2,4,5,6} 經濟部³

摘 要

台灣為一陸地海島且位居亞熱帶地區，夏季時常有颱風的侵襲，冬季則有東北季風的盛行，致使台灣沿海地區易遭受風浪之侵蝕與破壞。基此，政府為確保國土的完整及人民生命財產的安全，乃於沿海地區廣設海堤或相關保護工程。然而，在強大的暴潮與風浪作用下，海岸結構物也陸續產生不同程度的破壞。因此，若能深入瞭解海岸災害的原因與海岸結構的行為機制，以及藉由相關資料的歸納整理，建立海岸災害成因與資料庫系統，對改善海岸或結構物之防災能力，將有相當大的裨益。

本研究主要針對現階段台灣西南部沿海地區海堤概況，以及遭受破壞成因做一初步的調查，除將現今海堤資料檔案，予以建檔分類、統計分析與歸納整理外，並對海堤防治工法進行深入的檢討，期盼建立一完整的資料庫系統，以作為海堤災害防制及供學術研究與工程設計規劃之參考。

Primary Establishment of Data Base System for Coastal Structures in the Western Taiwan

Cheng Lin¹ Ching-Piao Tsai² Shiang-Kueen Hsu³ Tsung-Chun Ho⁴ Tsong-Lin Lee⁵ Shyh-Jiunn Shieh⁶

Associate Professor¹ Professor² Director-General³ Graduate student⁴ Postdoctoral Researcher⁵ Research-Assistant⁶

Department of Civil Engineering, National Chung-Hsing University^{1,2,4,5,6} Water Resources Bureau, MOEA³

ABSTRACT

This paper reviewed the situations of marine structures in the western Taiwan, and summarized some problems existed in coastal area development and management. Based on the characteristics of coast, we established the system of basic database. The cause and background of coastal damage occurred are also included in the database. At the same time, mechanisms of damage of the structures have been explored in this paper.

一、前言

近年來，由於對海岸地區的土地利用及資源開發頻繁，再加上沿海地區地勢較低窪等因素，政府相關單位在海岸地區廣設海堤或相關保護工程，以保護人民生命財產的安全。然而，由於台灣地理環境特殊且位居亞熱帶，夏季時有颱風，冬季則有東北季風；所以四季的海岸風浪變化差異極大；沿海之海岸結構物也因此時常遭受海潮大浪之侵蝕與破壞。此一天然災害若無加以防範，則不僅影響人民的生計，同時對於沿海海岸的開發利用更是影響甚深。

有鑑於此一重要性，因此相關的防治技術與防範措施便陸續相繼研擬實施完成。根據民國六十二年及六十五年省水利局兩度完成全省海堤整建規劃中，分別提出「台灣省海堤整建計畫書」

[1]，以作為海堤設計與海岸整建之依據；另一方面則積極從事實質的海堤整建工作，以確保人民的生命與財產安全。在歷經二十餘年來努力的整建結果，對於海岸防護、國土保全、及沿海居民生命財產安全之保障而言，均已發揮某種程度之成效。然而海堤破壞所造成的損失往往難以估計，其影響的範圍與國土造成的傷害更是難以想像。因此，若能瞭解海岸災害的詳細原因，便可以改善海岸或海岸結構物之防災能力與增進工程設計的信心，而虛心探討災後損壞的事實與成因，對結構行為等機制的了解也將最具成效。同時藉由相關資料的歸納整理，將有助於未來溢淹模式之實質應用。

本研究主要乃針對現階段台灣西南部沿海地區海堤概況，及颱風暴潮後海岸災害成因的詳細調查，同時建立現今海堤高度、型式及相關資

料檔案之建立，並由災害經驗的汲取與相關寶貴資料的獲得，予以建檔分類、統計分析，以作為海岸災害防制及結構物侵蝕沖刷防治及之參考。

二、西南部沿海地區海堤現況

海堤係指位於沿海海岸附近，面向海洋，直接或間接受波浪衝擊之防護堤防；而防潮堤則係指河川、排水出口以上，不受波浪直接衝擊，僅為防止潮水倒灌之堤防。海岸結構物設置的目的不外乎穩定海灘、防止海岸災害，進而使沿海國土及人民生命財產之安全，免於遭受暴潮及海水倒灌浸水災害與海浪之衝擊。隨著經濟快速的發展，對於海岸之開發利用需求增加，而此開發所造成對海岸地區之衝擊過去多以構築保護工程來減少暴潮海浪的衝擊。

由於本省為一海島，海象變化差異很大，各地沿海常遭颱風暴雨或潮汐大浪襲擊，因此海堤興建不僅迫切而且格外重要；也唯有完整的整建計畫才能確保國土的完整與沿海居民的生命及安全。

以省水利局於民國六十二年所規劃之海堤整建報告為基礎配合水利處各河川局所提供之最新資料[1,2]，本文將摘錄西部沿海苗栗至屏東段之海堤相關資料，茲就各調查地區海堤概況做一簡介：

苗栗縣海堤

苗栗地區早期沿海所興建之海堤，大多為簡易土堤，但經水利處與相關工程單位多年來之規劃整建結果，情況已大為改善，目前海岸灘線已漸趨穩定。近年來，沿海堤防大多無重大災害發生，而堤防高度皆已增加至 6.2m。

台中縣海堤

台中海岸北段為大安，大甲溪河口之沖積平原，南段海岸則為烏溪口之沼澤區。本區域海岸由於受台灣海峽地形之影響，故暴潮特高。早年所興建之海堤多為防潮海堤，對於現今海岸之變遷，多不敷使用。近年來，經水利處大規模之規劃整建，各海堤狀況堪稱良好。

彰化縣海堤

彰化縣海岸北自烏溪南至濁水溪出海口間，因受台灣海峽地形影響，暴潮位特高，此區段之海岸早年曾是重大受災地區，也是以往海堤整建之重點區域。近年來，由於養殖業超抽地下水的影響，造成區域性地層下陷，導致海堤高度下降。

雲嘉海堤

雲嘉地區之地質為沙灘沿岸，本段海岸早年因有外海沙洲之阻隔，外海潮浪不易直接入

侵，以往沿海保護工之施作考量不多，但勉強可以禦潮。但近年來由於超抽地下水源之結果，海堤多有沈陷現象，海堤高度多有不足。

台南縣海堤

台南縣北段海岸早年多為潟湖，現有海堤大多為簡單之魚塢堤，因位於內海區域，並無嚴重災情，本區段內亦有長達二十餘公里之台鹽事業堤。

高屏海堤

高屏地區海岸由於海底坡度陡峻，侵蝕嚴重，自以複合斷面堤取代早期的重力式、階梯式或壅壁式海堤後，其情況已大為改善。唯近年來，高雄沿海受大型突出結構物之影響，常發生有海堤集中破壞情形，而屏東海岸則因養殖魚塢超抽地下水致使地層下陷，而危及沿海地區，因此水利局已於赤崁、塢豐改設淺灘堤及離岸堤加以保護之。

三、海堤災害與資料庫系統之初步建立

綜觀海岸調查結果，海岸災害之成因可歸納為下列幾項包括：海岸地區的溢淹、海岸侵蝕、飛砂、鹽害、地震、地層下陷等。然而災害的發生往往非一項因素所控制，尤其是大規模的災害更是多種因素伴隨發生；因此資料庫系統的建立愈是完整，則相對的防治措施將會愈周詳，各種的海岸災害損失便會降至最低。因此本研究先就台灣西部海岸海堤災害作一詳細之調查，並針對其災害成因作一初步探討，彙整相關資料予以分類統計，以建立一完整之災害資料庫系統。

海岸調查與災害分析

由於天然災害發生突然而且修復工程大多具有時效性，因此歷年來對於海岸結構物受損破壞情形與西部沿海海岸的溢淹資料紀錄，大多未盡完整。近年來為求得最佳的結構設計與安全維護，因此工程設計概念不斷追求務實與新工法之嘗試。由於利用往昔的災害調查判斷，能夠尋找出造成結構物破壞的主要原因，以期未來在技術層面的改進中加以對症下藥，達到最佳的防治效果；因此對於歷次相關結構物的災害資料更是需求殷切。本研究初期僅就民國 85 年賀伯風災所造成之海岸災害，進行務實的分析與探討；並於未來執行工作中逐步增加相關災害資料，建立完整之資料庫系統，以作為相關研究之參考。

民國 85 年間賀伯颱風過境，為本省帶來強勁的風雨，強風暴雨所挾帶的豐沛降雨量，為台灣地區帶來不小的災情。而颱風期間由於

適逢滿潮，更造成西部沿海低窪地區的淹水及海水倒灌情事發生。而這種情況尤以彰化、雲林、嘉義、等縣最為明顯，其中又以嘉義縣東石、布袋最為嚴重。根據相關資料統計結果，賀伯颱風造成全省海堤沖毀受損約 36.76 公里，其中以彰化縣災情最為嚴重。各縣市海堤受損情形如表 1 所示[3,4]。

表 1 賀伯颱風海岸堤防受損情形統計表[3,4]

縣市名	主要受災情形
苗栗縣	1.新埔海堤沖毀 300 公尺，受損 300 公尺。 2.通宵灣海堤損毀 210 公尺，受損 510 公尺。
彰化縣	1.大城海堤破損 1,020 公尺。 2.海埔、崙尾、新街、大城南段、什股等海堤遭沖毀或受損數百公尺。 3.大城鄉魚寮溪排水，潮水漫溢長約 100 公尺，部份土堤基腳遭受淘刷。
雲林縣	1.林厝寮、三條崙、台子村等海堤遭沖毀或受損數百公尺。 2.口湖防潮堤、下崙海堤受損數十公尺。 3.大埤鄉延潭、興安排水因北港溪水倒灌造成淹水。
嘉義縣	1.布袋漁港海堤缺口沖毀 30 公尺。 2.台鹽布袋場第十區海堤沖毀 30 公尺。

海堤及海岸災害成因之初步探討

由歷年來海岸災害之資料與調查初步分析結果得知，海岸結構物受災情況可依時間性分為長期性與短期性兩大類[5]：

- (一) 長期性：為地質變動或地殼板塊運動等因素所造成，其生成期間常以百年、千年計，非吾人於短時間可以預見，也常非人所能抗禦者。
- (二) 短期性：為季節性天然災害或工程中人為因素或疏失所造成，其影響可於短期獲知結果、並可事先加以防治抵禦者，皆屬此種類型。

而由於自然界的變化與人為因素的影響，海岸相關結構物（包括海堤、潛堤、港灣、柔性保護工…等）之破壞主要原因大致可歸納為下列幾項：

- (一) 天然因素：如颱風、異常暴潮、等經常為海堤災害之主要原因，尤其台灣所處地理位置特殊，此等情形時常可見。另外，海岸地形突變也是一項重要原因；如苗栗崎頂段、高雄彌陀段等近來之局部災害，當與地形因素有極大關連。雲嘉地區原有之沿岸沙洲，近年來大量消

失，也是造成該地區災情嚴重的主因之一。

- (二) 工程因素：本因素可分為下列幾項
 1. 堤線佈置不良
 2. 海岸保護方式不當
 3. 堤頂高程不足
 4. 斷面設計不當
 5. 大型突出結構物的影響
 6. 海堤保護標準不一
 7. 維護工作不善
 8. 其他配合工程不足
- (三) 法令規章不全、權責劃分不明確
- (四) 海岸地區開發不當
- (五) 地盤下陷之影響
- (六) 其他人為因素

海堤及海岸災害資料庫系統之建立

鑑於天然災害之無法避免，而且人類所知的學理經驗甚為有限，吾人若能針對歷年來已發生、乃至未來可能發生的重大海岸災害，進行詳實的調查、並作有系統化的歸納分析與記錄，重視災害經驗的汲取與傳承，除可據以增進工程設計的信心與改善海堤防災的能力外，從而再提出一套防災減災的資料庫系統。海堤及海岸災害資料庫系統之建立為本研究資料蒐集部份之重要工作，此部份資料將來匯進一步彙整為電子文件，以供學術界研究及工程應用之需。其結果範例如附錄一所示，至於台灣西海岸其他海堤資料詳可參考文獻一。

四、海岸結構物之受災機制

近年來我國的海岸侵蝕在全國各地是愈來愈激烈。在會經常發生沿岸漂砂的主要海岸建造了防波堤等構造物，而一旦沿岸漂砂的連續性被打斷後，在構造物下游方向的海邊則發生侵蝕現象而使海岸線後退，而且經常會有斷崖形成。然而當緊鄰岸邊斷崖的岸上若有民間私有地之時卻不能置之不理，為了維持海岸線將建造海中結構物(如海岸堤防、防潮堤、護岸及緩傾斜堤等等)。但是，一旦在海岸建造了這種緩傾斜堤的話，在其本身遭受災害的同時，亦經常會加深下游方向的侵蝕。這些應該是因沿岸漂砂在局部失去平衡後，構造物前方逐漸變深，而入射波維持其原有之巨大能量作用在緩傾斜堤所致。

經由本文調查，發現本省西南沿海海堤型式大多為緩傾斜堤，因此本節僅以緩傾斜堤為案例，針對其受災機制作一探討。緩傾斜堤之受災機制可概分為兩種：

破壞機制一：堤表面受風浪衝擊而直接損毀

此機制為較常見之海岸結構物破壞形式，主要成因為堤防表面因伸縮縫未合攏，形成破壞之弱勢面；或經年受湧浪衝擊下，未加妥善維護及管理，以致堤防表面之結構強度不足，而無法承受某次強烈之風浪，對堤防直接衝擊，以致於堤防表面毀損。其後再由破壞處將堤內之填料吸出，導致海堤塌陷。其破壞機制流程示意圖如圖 1 所示，其中堤防受力機制代號說明請參考表 2。

破壞機制二：底部填充料之吸出引致堤防破壞

底部填充料被吸出之過程如圖 2 所示。以往的想法一直是認為在靜水面附近堆置的礫石(碎石)及砂從覆蓋塊之間的空隙以及表面覆塊的孔中脫出，以致覆蓋塊的崩塌毀壞。因波浪拍擊而爬昇到坡面的海水一旦滲透到覆塊下，因波浪溯回而變為後退波時，基礎地盤的砂便開始向海的方向移動。這時，堤體前方的拋石亦無法保持初始狀態，其不是被帶離岸邊就是下沉。因此，波浪就能從堤體前方直接進入到覆塊之下，而礫石便逐漸地被覆塊下之滲透流逐漸帶走。然後，在波浪所能攀升之高度的範圍內，吸出作用將繼續朝更深處發展。此外，吸出作用的結果將使海堤底部被架空，導致堤體無法承受自重而崩塌，如圖 2 所示。在圖 2 中，堤防受力機制之代號說明請參考表 2。

而為了探討在相同波浪條件下，不同之緩傾斜堤堤腳保護工，受到破壞的程度及過程上的差異。在此探討堤腳拋石保護工，與堤腳拋石加止水樁保護工受到相同波浪作用，所產生破壞的差異性；依據相關文獻的研究，堤腳拋石保護在波浪作用下，拋石容易受到淘刷而流失，堤下之礫石亦容易被波浪作用吸出，堤體嚴重沈陷，如同破壞機制二所述(如圖 3(a~g)之流程)。而堤腳拋石加止水樁保護工雖然亦會因波浪作用而損壞，但拋石較不易流失，連帶的礫石流失狀況較為緩和，沈陷量亦較輕微(如圖 4(a~g)之流程)，故可知堤腳拋石加止水樁保護工是較佳之保護工法。

另外，堤防結構常因安全、美觀等因素而覆上不同之表面材質或護甲層，如拋消波塊、卵石，內填礫石，底部鋪地工織布，堤頂兼做道路使用而加鋪柏油。因此，堤防受到波浪作用時，各層結構之受力作用機制亦不相同，各層之受力機制已列表如表 3，如能善加利用各層結構之優缺點，在設計海堤時考量當地之海向及氣象條件，加以考量及運用，將會使堤防之災害減至最低。

五、結語

沿海地區所設之海堤或相關保護工程，是為確保國土完整及人民生命財產安全，因此其

影響往往是不容忽視。本研究乃針對現階段台灣西南部沿海地區海堤概況、破壞成因及機制做一初步的調查，並陸續將最新的資料分類建檔。同時期盼未來能建立更完整的資料庫系統，改善現今海堤防治工法之缺點，以作為海堤災害防制及供學術研究與工程設計規劃之參考。

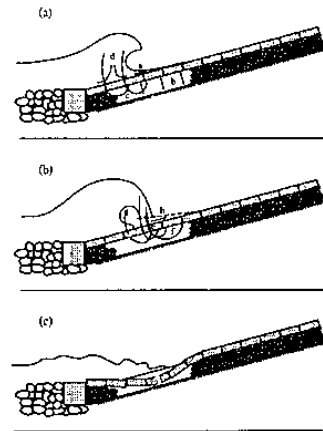


圖 1 斜面護岸破壞機制一

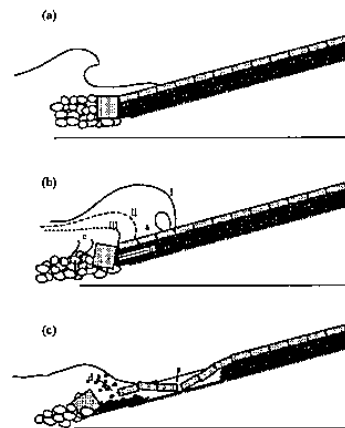


圖 2 斜面護岸破壞機制二

表 2 緩傾斜堤破壞受力機制說明表

破壞機制	受力機制之代號及說明
一	<ul style="list-style-type: none"> a. 波浪底部邊界層之剪應力沖刷堤表面。 b. 入滲流而產生之上揚力使覆塊鬆動。 c. 波壓力使海水滲入堤內。 d. 因波浪作用產生之上捲力。 e. 因波浪直接衝擊，使堤面產生裂縫。 f. 海水由裂縫滲入，使堤面內部水壓增加，產生上揚力。 g. 堤內壓力過大，表面鬆動。 h. 溯昇水流沖刷堤面。 I. 堤防沈陷。
二	<ul style="list-style-type: none"> a. 波浪拍擊，爬昇到坡面的海水滲透到覆塊下。 b. 波浪溯回而變為後退波時，基礎地盤的砂便開始向海的方向移動。 c. 堤體前方的拋石流失或下沉。 d. 波浪從堤前直接進入到覆塊下，礫石被滲透流帶走。 e. 海堤底部被淘空，導致堤體無法承受自重而崩塌。

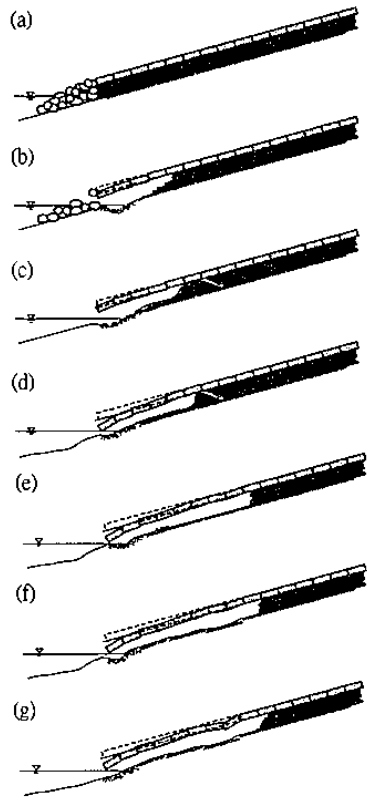


圖 3 緩傾斜堤的基礎工破壞機制(堤腳拋石)

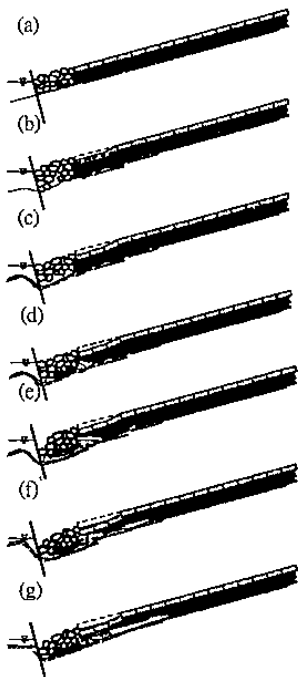


圖 4 緩傾斜堤的基礎工破壞機制(堤腳拋石)

表 3 海堤各保護層之受損模式及其受力作用機制

保護層型式 Type of coverlayer	破壞模式 Critical failure mode	決定性之波浪作用 Determinant wave loading	Strength
砂/礫石 Sand/gravel	移動開始 initiation of motion 傳輸、運移 transport of material	波浪作用 velocity field in waves 作用力方向 	重力 weight, 摩擦力 friction 動態穩定 dynamic "stability"

	外形組織 profile formation		
黏土/草 Clay/grass	侵蝕 erosion 變形 deformation	最大速度 max. velocity 衝擊 impact 作用力方向 	凝結力 cohesion 草根附著力 grass-roots 黏土品質 quality of clay
拋石 Riprap	移動開始 initiation of motion 變形 deformation	最大速度 max. velocity 滲流 seepage 作用力方向 	重力，摩擦力 weight, friction 孔隙透水層 之滲透率 permeability of sublayer/core
泥籠 沈排 (包含土工織物) Gabions/(sand-, stone-, Cement-) Mattresses incl. Geotextiles	移動開始 initiation of motion 變形 deformation 滾動 rocking 磨損、表面剝蝕 abrasion/鐵絲侵蝕 corrosion of wires u.v.light	最大速度 max. velocity 波浪衝擊 wave impact 氣候 climate 破壞 vandalism 作用力方向 	自重 weight 堆疊 blocking 線拉力 wires 孔隙透水層 之滲透率 permeability incl. sublayer
排設層疊之消波塊 Placed blocks incl. block mats	上舉力 lifting 彎矩力 bending 變形 deformation 滑動 sliding	擠壓 overpressur 衝擊 impact 作用力方向 	厚度 thickness, 摩擦力 friction 組合 interlocking 孔隙透水層 之滲透率 permeability incl. sublayer/ geotextile 繫結 cabling 鉚釘之力 pins
柏油 Asphalt	侵蝕 erosion 變形 deformation 上舉力 lifting	最大速度 max. velocity 衝擊 impact 擠壓 overpressure 作用力方向 	機械力 mechanical strength 重力 weight

參考文獻

1. 台灣省水利局：台灣省海堤整建規劃報告，1974。
2. 簡仲和、唐文堂、邱耀達：全省海堤設計高度檢討計畫報告，台灣省水利局，1992。
3. 台灣省政府水利處：1996 賀伯颱風紀實-水利工程災修實錄，1998。
4. 行政院公共工程委員會：賀伯颱風災害及復建工程紀實，1997。
5. 蕭茂鎮：海堤災害原因及改善對策之探討，水利，第四期，1994。
6. 宇多高明、柳澤修，「緩傾斜堤の被災機構と安定化のための方策」，海洋工學論文集，第38卷，第656~660頁，1991。

颱風災害—海岸結構物受損資料庫系統

編號	苗栗 1
海堤資料	
地點 (範圍)	苗栗縣苑裡鎮
海堤名稱	苑裡海堤
海堤興建型式	混凝土拋石堤
興建坡度	1:1.5
堤防總長	1,792m
受損狀況	
受災時間	85.8.1
受災原因	
受損長度	778m
堤頂高程	4.6m
海岸溢淹範圍	
修復後堤高	6.20m
海象資料	
平均潮位	
災害暴潮位	
災害平均風速	
海岸地質資料	
海岸地形概況	
地質特性	
災區地層下陷情況	

災害分析及相片說明：

(a)



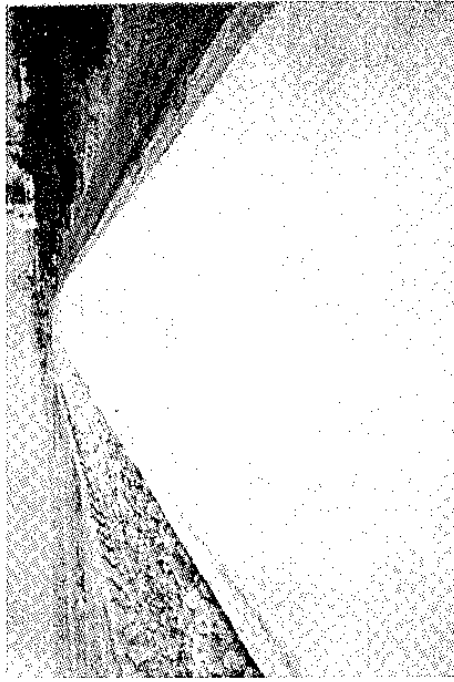
(b)



(c)



(d)



相片說明 苗栗縣苑裡海堤(a)-(c)于賀伯颱風過後部份堤面受風浪過渡後受侵蝕破壞，而造成堤防沖毀 778 公尺的災情；(d) 賀伯颱風後，苗栗縣苑裡海堤修復完工之情形(相片資料摘自行政院公共工程委員會：賀伯颱風災害及復建工程紀實、台灣省政府水利局處：賀伯颱風紀實-水利工程災修實錄)。